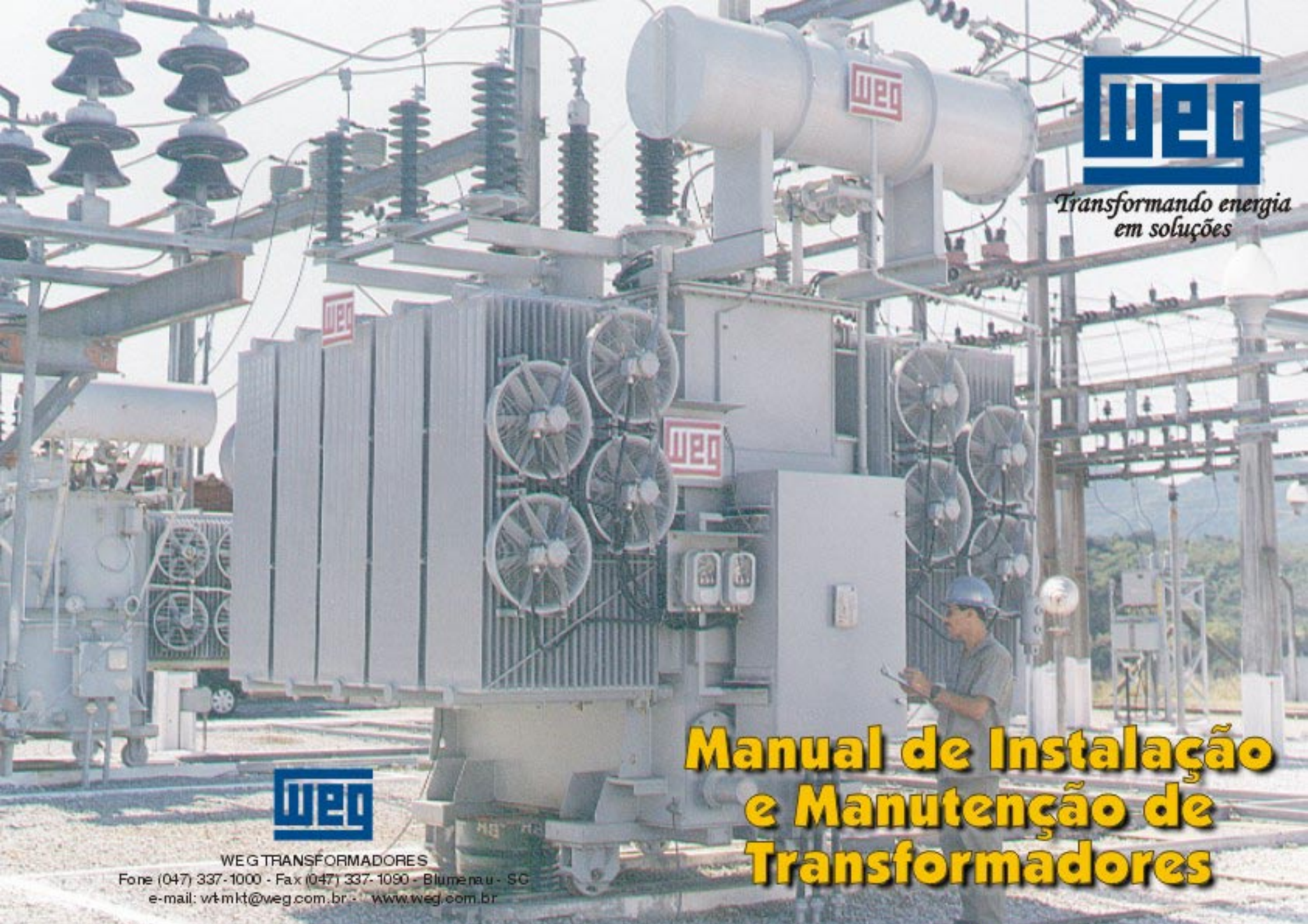


Transformando energia em soluções

Manual de Instalação e Manutenção de Transformadores

WEG TRANSFORMADORES
Fone (047) 337-1000 - Fax (047) 337-1090 - Blumenau - SC
e-mail: wt-mkt@weg.com.br - www.weg.com.br

1 - INTRODUÇÃO

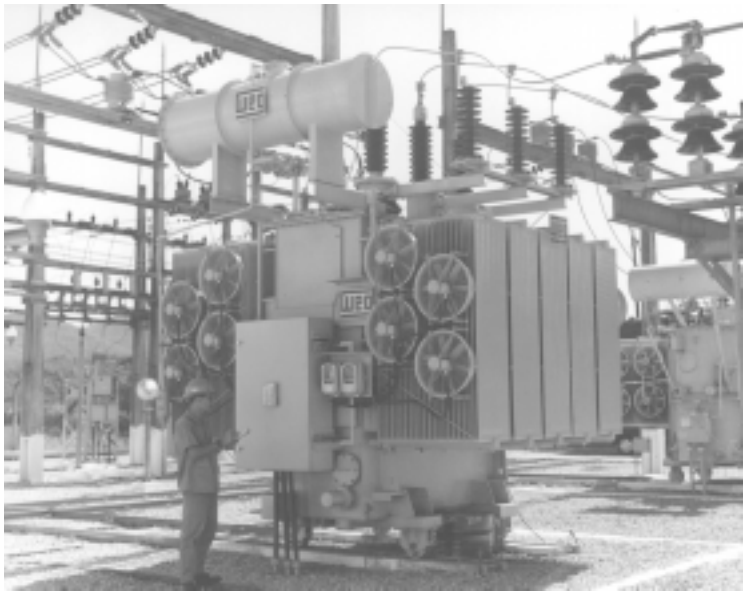
Este manual visa dar informações necessárias ao recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição e força imersos em óleo isolante. O atendimento a estas instruções proporcionará um bom desempenho do transformador, além de prolongar a sua vida útil.
Os transformadores WEG são projetados e construídos rigorosamente segundo normas ABNT em suas últimas edições, estando, por isso, os dados deste manual sujeitos a modificações sem prévio aviso.
Recomendamos, àqueles que desejarem aprofundar-se no assunto, a leitura das seguintes normas:

NBR-7036 - Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição imersos em líquido isolante – Procedimento.

NBR-7037 - Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência em óleo isolante mineral - Procedimento.

NBR-5416 - Aplicação de cargas em transformadores de potência - Procedimento.

É muito importante, ainda, ter em mãos as publicações sobre instalação de transformadores emitidas pelas concessionárias de energia da região, visto que muitas delas têm caráter normativo. Para maiores esclarecimentos, consulte nosso Departamento de Assistência Técnica.
Solicitamos, também, verificar as condições de garantia estabelecidas pela WEG para seus transformadores conforme ANEXO C.



2 - INSTRUÇÕES BÁSICAS

2.1. Instruções gerais

Todos que trabalham em instalações elétricas, seja na montagem, operação ou manutenção, deverão ser permanentemente informados e atualizados sobre as normas e prescrições de segurança que regem o serviço, e aconselhados a seguí-las. Cabe ao responsável certificar-se, antes do início do trabalho, de que tudo foi devidamente observado e alertar seu pessoal para os perigos inerentes à tarefa proposta. Recomenda-se que estes serviços sejam efetuados por pessoal qualificado.
Equipamentos para combate a incêndios e avisos sobre primeiros socorros não devem faltar no local de trabalho, sempre em lugares bem visíveis e acessíveis.

IMPORTANTE: Algumas das informações ou recomendações contidas neste manual podem não se aplicar a determinados transformadores. Portanto, desconsiderá-las sempre que não aplicáveis.

2.2. Recebimento

Os transformadores, antes de expedidos, são testados na fábrica, garantindo, assim, o seu perfeito funcionamento. Dependendo do tamanho do transformador ou das condições de transporte, ele pode ser expedido completamente montado ou desmontado. Maiores detalhes estão descritos mais adiante neste manual.
Sempre que possível, o transformador deve ser descarregado diretamente sobre sua base definitiva. Quando for necessário o descarregamento em local provisório, deve ser verificado se o terreno oferece plenas condições de segurança e distribuição de esforço, bem como se o local é o mais nivelado e limpo possível. O equipamento nunca deve ser colocado em contato direto com o solo.

2.2.1. Inspeção de chegada

Antes do descarregamento, deve ser feita, por pessoal especializado, uma inspeção preliminar no transformador visando identificar eventuais danos provocados durante o transporte, na qual devem ser verificadas as suas condições externas (deformações, vazamentos de óleo e estado da pintura) e avarias e/ou falta de acessórios e componentes, fazendo-se, também, a conferência da lista de materiais expedida. Caso se constate alguma ocorrência, notificar imediatamente o representante WEG mais próximo ou diretamente a fábrica e a empresa transportadora para que não haja problemas com a empresa seguradora.

2.2.2. Descarregamento e manuseio

Todos os serviços de descarregamento e locomoção do transformador devem ser executados e supervisionados por pessoal especializado, obedecendo-se as normas de segurança e utilizando-se os pontos de apoio apropriados.

2.2.3. Verificações após descarregamento

Para transformadores transportados sem óleo e pressurizado com gás seco, verificar a pressão do sistema. Caso a mesma seja “zero”, informar imediatamente o representante WEG mais próximo, ou diretamente à fabrica, para que seja providenciado ação corretiva pertinente.

Para transformadores transportados com óleo, caso a pressão indicada seja “zero” executar análise físico-química do óleo isolante, afim de verificar se houve contaminação do sistema. Informar o representante WEG mais próximo, ou diretamente à fabrica.

2.3. Armazenagem

Para transformador transportado sem o óleo, preferencialmente montá-lo e enchê-lo com líquido isolante em seu local de operação tão logo seja recebido, mesmo no caso do transformador não operar imediatamente à data de recebimento (e realizar inspeções regulares). Para curtos intervalos de tempo (máximo 3 meses) o transformador pode ser armazenado sem óleo, desde que permaneça pressurizado com gás seco. Neste caso, deve ser realizado, preferencialmente, inspeção diária na pressão de gás, de modo a detectar vazamentos em tempo hábil e evitar penetração de umidade.

Quando não instalados imediatamente, devem ser armazenados, preferencialmente
em lugar abrigado, seco, isento de poeiras e gases corrosivos, colocando-os sempre em posição normal e afastados de área com muito movimento ou sujeito a colisões.

Os componentes e acessórios, quando recebidos e armazenados a parte, devem atender ao seguinte:

a) Os acessórios devem ser armazenados em locais adequados;
b) Os radiadores devem ser armazenados próximos ao transformador, evitando-se seu contato com o solo;
c) As buchas devem ser armazenadas, se possível, em local coberto e seco;
d) O óleo pode ser armazenado em tambores, que devem permanecer na posição horizontal, ficando os tampões alinhados horizontalmente e, se possível, protegidos por lonas, evitando-se ainda seu contato com o solo;
e) Transformadores com comutador sob carga devem seguir as mesmas orientações de armazenamento do equipamento;
f) Transformadores providos de painéis de circuitos auxiliares, devem ser mantidos com os resistores de aquecimento ligados, comandados por termostatos regulados para temperatura recomendada de 30ºC.

3. INSTALAÇÃO

3.1. Considerações Gerais

Transformadores de força, normalmente a partir da potência de 3.000kVA, são transportados parcialmente desmontados. Neste caso, após posicionamento do transformador sobre a base definitiva, adicionalmente às recomendações feitas neste item 3.1, deve-se observar as orientações específicas que são detalhadas no item 4 – MONTAGEM DO TRANSFORMADOR.

Para a instalação do transformador, é de fundamental importância a disponibilidade de pessoal qualificado, assim como de equipamentos e ferramentas adequadas. Não é recomendável a montagem dos transformadores em dia chuvoso.

Além das orientações principais que são relacionadas a seguir, recomendamos observar com detalhes o que é determinado na NBR-7036, quando se tratar de transformadores de distribuição, ou na NBR-7037, quando de força:

a) Quando de instalação em base, verificar o adequado nivelamento e a resistência das fundações sobre as quais serão instalados os transformadores. Quando aplicável, confirmação da compatibilidade da distância entre rodas do transformador e respectivos trilhos fixados na base;
b) Deve haver um espaçamento mínimo de 0,5m entre transformadores e entre estes e paredes ou muros, proporcionando facilidade de acesso para inspeção e ventilação, dependendo, entretanto, das dimensões de projeto e tensão. Os transformadores a serem instalados em poste devem ter seu sistema de fixação e montagem em conformidade com a norma ABNT;
c) No caso de instalações abrigadas, o recinto no qual será colocado o transformador deve ser bem ventilado de maneira que o ar aquecido possa sair livremente, sendo substituído por ar fresco. Outrossim, devem ser evitados obstáculos de qualquer natureza ao fluxo de ar dentro da cabine. Para tanto, as aberturas de entrada de ar devem estar próximas do piso e distribuídas de maneira mais eficiente, de preferência abaixo dos transformadores e possuírem as dimensões máximas dos transformadores. As aberturas de saída deverão estar tão altas quanto permita a construção; número e tamanho das saídas dependem de suas distâncias acima do transformador, do rendimento e do ciclo de carga. Em geral, recomenda-se uso de aberturas de saídas de 5,50m^2 por 1.000kVA de capacidade instalada.
d) Realizar inspeção visual principalmente nas buchas, conectores e acessórios, para constatar a ausência de eventuais danos ou vazamentos que poderiam ocorrer devido ao manuseio e transporte do transformador;
e) Confirmação de que os dados de placa estão compatíveis com a especificação técnica do equipamento;
f) Verificar se os dados constantes na placa de identificação estão coerentes com o sistema em que o transformador será instalado e a correta posição do comutador (ou ligação do painel de derivações) em relação ao diagrama de ligações;

g) Para transformadores religáveis, constatação de que a ligação de despacho (expedição) atende ao especificado;
h) Verificar as conexões de aterramento do transformador. Observar, também o item 3.4;
i) Atentar para as ligações do primário e secundário conforme ítem 3.3;
j) Para o içamento do transformador, os cabos utilizados devem ser fixados nas alças, ganchos ou olhais existentes para essa finalidade.

3.2. Altitude de instalação

Os transformadores são projetados conforme ABNT, portanto adequados para instalações até 1.000m acima do nível do mar.
Em altitudes superiores a 1.000m, o transformador terá sua capacidade reduzida ou necessitará de um sistema de refrigeração mais eficaz. Para funcionamento em altitudes superiores a esta, não devem ser excedidos os limites de temperatura especificados na tabela 1.

Tabela 1 - Limites de elevação de temperatura

Tipos de transformadores		Limites de elevação de temperatura (°C) [A]					
		Dos enrolamentos			Do óleo	Das partes metálicas	
		Método da variação da resistência		Do ponto mais quente		Em contato com a isolação sólida ou adjacente a ela	Não em contato com a isolação sólida e não adjacente a ela
		Circulação do óleo natural ou forçada sem fluxo de óleo dirigido	Circulação forçada de óleo com fluxo dirigido				
Em óleo	Sem conservador ou sem gás inerte acima do óleo	55	60	65	50[B]	Não devem atingir temperaturas sueriores à máxima especificada para o ponto mais quente da isolação adjancente ou em contato com esta	A temperatura não deve atingir, em nenhum caso, valores que venham danificar estas partes, outras partes ou materiais adjacentes
	Com conservador ou com gás inerte acima do óleo	55 65[D]	60 70[D]	65 80[D]	55[C] 65[D]		

[A] Os materiais isolantes, de acordo com experiência prática e ensaios, devem ser adequados para o limite de elevação de temperatura em que o transformador é enquadrado.
[B] Medida próxima à superfície do óleo.
[C] Medida próxima à parte superior do tanque, quando tiver conservador, e próxima à superfície do óleo, no caso de gás inerte.
[D] Quando é utilizado isolação de papel, este deve ser termoestabilizado

Obs.: A redução da potência nominal para altitudes superiores a 1.000m se dá de acordo com a equação:

$$Pr = Pn\left(1 - k\,\frac{H - 1000}{100}\right)$$, sendo:

Pr = potência reduzida, em kVA
Pn = potência nominal, em kVA
H = altitude, em metros (arredondando, sempre, para a centena de metros seguinte)
k = fator de redução, de acordo com a tabela 2

Tabela 2 - Redução da potência nominal para altitudes superiores a 1.000m

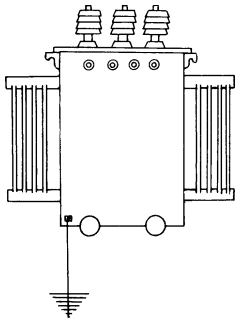
Tipo de resfriamento (em líquido isolante)	Fator de redução k
a) com resfriamento natural (ONAN)	0,004
b) com ventilação forçada (ONAF)	0,005
c) com circulação forçada do líquido isolante e com ventilação forçada (OFAF)	0,005
d) com circulação forçada do líquido isolante e com resfriamento a água (OFWF)	0,000

3.3. Ligações

As ligações do transformador devem ser realizadas de acordo com o diagrama de ligações de sua placa de identificação. É fundamental que se verifique se os dados da placa de identificação estão coerentes com o sistema ao qual o transformador vai ser instalado.
As ligações das buchas deverão ser apertadas adequadamente, cuidando para que nenhum esforço seja transmitido aos terminais, o que viria ocasionar afrouxamento das ligações, mau contato e posteriores vazamentos por sobreaquecimento no sistema de vedação.
As terminações devem ser suficientemente flexíveis a fim de evitar esforços mecânicos causados pela expansão e contração, que poderão quebrar a porcelana dos isoladores. Estas admitem consideráveis pesos de condutores, mas devem ser evitadas longas distâncias sem suportes. Alguns tipos de buchas permitem a conexão direta dos cabos ou barramentos; outros, necessitam de conectores apropriados, que podem ou não ser fornecidos com o transformador.

3.4. Aterramento do tanque

O tanque deverá ser efetiva e permanentemente aterrado através do seu conector de aterramento (figura 1). Uma malha de terra permanente de baixa resistência é essencial para uma proteção adequada. No tanque está previsto um ou dois conectores para aterramento. A malha de terra deverá ser ligada a esses conectores por meio de um cabo de cobre nú com seção adequada.



3.5. Componentes de proteção e manobra

Os transformadores devem ser protegidos contra sobrecargas, curto-circuito e surtos de tensão. Normalmente usam-se chaves fusíveis, disjuntores, seccionadores, pára-raios, etc. Todos esses componentes deverão ser adequadamente dimensionados para serem coordenados com o transformador e testados antes de fazer as conexões. Devem ser instalados o mais próximo possível do transformador. Os elos utilizados nas chaves-fusíveis devem estar de acordo com a demanda e potência do transformador. O aterramento dos pára-raios deve ser feito com cabos independentes do aterramento do neutro do transformador.

4 - MONTAGEM DO TRANSFORMADOR

Para os transformadores fornecidos parcialmente desmontados, é imprescindível a contratação de profissionais qualificados para sua remontagem em campo, preferencialmente sob supervisão do fabricante do equipamento.
Sugerimos observar a seqüência de montagem abaixo relacionada, atentando, adicionalmente, para o que consta na NBR-7037:

a) Radiadores
Os radiadores devem ser inspecionados quanto à limpeza e umidade, caso necessário, devem ser lavados com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50°C).

b) Conservador
- Verificar se o conservador está seco e limpo internamente e, caso necessário, lavá-lo com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50°C).
- Caso exista sistema de preservação do óleo isolante no conservador (membrana ou bolsa), providenciar sua instalação e/ou verificar sua integridade e correto funcionamento.
- Instalar o conservador e os respectivos suportes eventualmente existentes, bem como seu(s) indicador(es) de nível.

c) Sistema de resfriamento
Após inspeção e eventual limpeza, manter as tubulações e os componentes de resfriamento forçado (trocadores de calor, bombas de circulação de óleo, etc...)

d) Buchas
Antes da montagem, as buchas devem estar perfeitamente limpas, secas e ensaiadas quanto ao fator de potência ou perdas dielétricas.
- as juntas de vedação devem ser cuidadosamente colocados e os seus elementos de fixação apertados, a fim de se conseguir boa estanqueidade;
- as buchas devem ser montadas uma de cada vez, a fim de reduzir a possibilidade de penetração de ar ambiente, aproveitando a abertura de inspeção para um controle mais efetivo das ligações internas;
- para maior segurança durante a montagem das buchas devem ser utilizados os dispositivos próprios para içamento e manuseio.

e) Tubulações
Quando aplicável, manter as tubulações entre comutador(es) de derivações em carga e conservador, relés de fluxo de óleo e demais tubulações porventura existentes.

f) Secador de ar
Para transformador que não sofre vácuo para enchimento com óleo, deve(m) ser instalado(s) o(s) secador(es) de ar. Prover o secador de ar com substância higroscópica (sílica – gel) seco.

g) Relé de gás
Durante a montagem, deve ser verificado se a inclinação da tubulação do relé de gás é adequada e se a posição da montagem do relé de gás no tocante ao sentido do fluxo de gás (transformador/conservador) está correta.
Nota: verificar o correto funcionamento dos contato de alarme e desligamento.

h) Nível de óleo
Verificar o nível do óleo nas buchas, conservador(es) bolsa(s) de termômetro, secador(es) de ar (cuba).

i) Relé de proteção do comutador
Verificar o correto funcionamento dos contatos de desligamento.

j) Acessórios
Todos os acessórios do transformador devem ser verificados antes de sua montagem, quanto à inexistência de oxidação, partes quebradas, atritos, corrosão, etc.

k) Comutador de derivação em carga
Deve-se ter precauções para que sejam retirados calços eventualmente colocados no seletor para fins de transporte. Verificar se o alojamento da chave comutadora foi expedido com óleo.

l) Indicador de temperatura
Os indicadores de temperatura e seus componentes devem ser protegidos, evitando sua danificação durante os trabalhos subseqüentes.

m) Posição dos registros
Controlar a posição de todos os registros das tubulações de preservação e resfriamento de óleo.

n) Buchas e conectores
Os conectores devem ser devidamente apertados. Verificar se os terminais para ensaios das buchas estão devidamente aterrados.

o) Vazamentos
Verificar a ocorrência de vazamento e providenciar sua supressão.

4.1. Acessórios e Componentes

4.1.1 Termômetro de Óleo

O termômetro (Figura 2a e 2b), possui dois ponteiros de ligação e um de indicação de temperatura máxima atingida em um período.
Estes três ponteiros são controláveis externamente, sendo que os dois primeiros movimentam-se apenas por ação externa, enquanto que o último é impulsionado pela agulha de temperatura (ponteiro de arraste), apenas quando em ascensão desta, pois, na redução ele fica imóvel, sujeito apenas à ação externa, possibilitando-se a verificação da temperatura máxima atingida em um dado período.
O termômetro possui na extremidade um bulbo que é colocado no ponto mais quente do óleo, logo abaixo da tampa.
Pelo controle externo os ponteiros limites poderão ser movimentados à vontade.
Temperatura de regulagem recomendada para ponteiros: para elevação de 55ºC no enrolamento vf = 75ºC, a= 85ºC, d = 95ºC.
Ponteiro indicador de temperatura máxima do período: Após a inspeção periódica do termômetro voltar o ponteiro indicador até encostar no ponteiro principal através do controle externo.

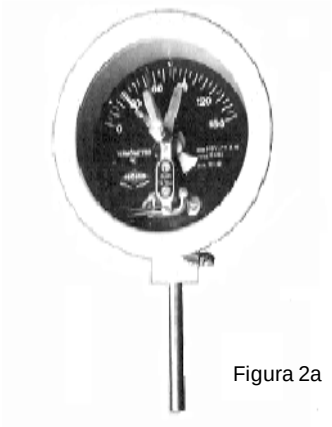


Figura 2a

Figura 2b

4.1.2 Termômetro de Imagem Térmica
A imagem térmica é a técnica comumente utilizada para se medir a temperatura no enrolamento do transformador. Ela é denominada imagem térmica por repro-
duzir indiretamente a temperatura do enrolamento.
A temperatura do enrolamento, que é a parte mais quente do transformador, nada mais é do que a temperatura do óleo acrescida da sobreelevação da temperatura do enrolamento (t) em relação ao óleo.
O sistema é composto de uma resistência de aquecimento e um sensor de temperatura simples ou duplo (figura 2c), ambos encapsulados e montados em um poço protetor imerso em uma câmara de óleo.
O conjunto é instalado na tampa do transformador, equalizando-se com a temperatura do topo do óleo, indicando assim a temperatura do ponto mais quente do enrolamento.
A resistência de aquecimento é alimentada por um transformador de corrente (figura 2d) associado ao enrolamento secundário do transformador principal.

Figura 2c

Figura 2d

4.1.3. Dispositivo de alívio de pressão
Os dispositivos de alívio de pressão são instalados em transformadores imersos em líquido isolante com a finalidade de protegê-los contra possível deformação ou ruptura do tanque em casos de defeito interno com aparecimento de pressão elevada. Podem ser divididos em dois tipos básicos:

a) Tipo membrana (Figura 3), ou também conhecido como tubo de explosão, no qual o alívio de pressão ocorrerá pelo rompimento da membrana. Sempre que o transformador for submetido a vácuo, essa membrana deve ser isolada do tanque, e, quando manuseada, devem ser tomados os devidos cuidados para não danificá-la. Observar que é usual utilizar-se uma proteção para a membrana durante o transporte, devendo, obrigatoriamente, ser retirada antes do início de funcionamento do transformador;

b) Tipo válvula (Figuras 4 e 4a), é uma válvula com mola, provida de um sistema de amplificação instantânea da força de atuação. Fecha-se automaticamente após a operação, impedindo, assim, a entrada de qualquer agente externo no interior do transformador. Não necessita ser isolada do tanque quando este é submetido a vácuo.

Figura 4

Figura 4a

4.1.4. Relé de pressão súbita

O relé de pressão súbita (Figura 5) é um acessório de proteção para transformadores do tipo selado. Normalmente é montado em uma das paredes laterais do tanque do transformador, no espaço entre o nível máximo do líquido isolante e a tampa. Entretanto, é aceitável também a montagem horizontal, sobre a tampa do transformador. É projetado para atuar quando ocorrem defeitos no transformador que produzem pressão interna anormal, sendo sua operação ocasionada somente pelas mudanças rápidas da pressão interna, independente da pressão de operação do transformador.

Quando o transformador é transportado cheio de líquido isolante ou é enchido no campo com vácuo, é importante verificar que não penetre líquido isolante no orifício equalizador de pressão ou no interior do relé. Normalmente o flange ao qual se aplica o relé é fornecido com flange cego de vedação, sendo esse acessório fornecido em separado, devendo ser montado após concluída a instalação do transformador e o enchimento com líquido isolante.

Para gradientes de pressão superiores a 0,2atm/s a válvula opera instantaneamente. Por outro lado, o relé não opera devido a mudanças lentas de pressão próprias do funcionamento normal do transformador, bem como durante perturbações do sistema (raios, sobretensão de manobra ou curto-circuito), a menos que tais perturbações produzam danos no transformador que gerem variação súbita da pressão interna.

Figura 5

4.1.5. Conservador de óleo

Para transformadores recebidos com o conservador em separado, verificar, antes da sua remontagem, se está seco e limpo internamente. Caso necessário, lavá-lo com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50ºC).

4.1.5.1 Desumidificador de ar (secador de ar)

Figura 6

A fim de que sejam mantidos elevados índices dielétricos do líquido isolante dos transformadores, estes são equipados com secadores de ar (Figura 6), os quais, devido à capacidade de absorção de umidade, secam o ar aspirado que flui ao transformador.

O secador de ar é composto de um recipiente metálico, no qual está contido o agente secador (vide ítem 4.1.5.2) e uma câmara para óleo, colocada diante do recipiente (que contém o agente) isolando-o na atmosfera. Durante o funcionamento normal do transformador, o óleo aquece e dilata, expulsando o ar do conservador através do secador. Havendo diminuição da carga do transformador ou da temperatura ambiente, também haverá abaixamento da temperatura do óleo, acompanhada da respectiva redução do volume. Forma-se, então, uma depressão de ar no conservador e o ar ambiente é aspirado através da câmara e do agente secador, o qual absorve a umidade contida no ar, que entrará em contato com o óleo.

Para a instalação do secador de ar, proceder conforme segue:

a) Retirar o tampão localizado na ponta do tubo apropriado, localizado no conservador de óleo (não é necessário retirar o óleo do tanque);

b) Retirar a tampa superior do secador de ar e introduzir a sílica-gel no seu interior;

c) Recolocar a tampa do secador de ar;

d) Fixar o secador de ar no tubo apropriado, localizado no conservador de óleo, com o visor voltado para a posição de inspeção;

e) Após fixá-lo, retirar a parte inferior do desumidificador de ar e colocar o mesmo óleo do transformador até a indicação em vermelho existente;

f) Recolocar a parte inferior do desumidificador de ar;

g) Certificar-se da perfeita fixação do mesmo, de modo a evitar penetração de umidade no transformador.

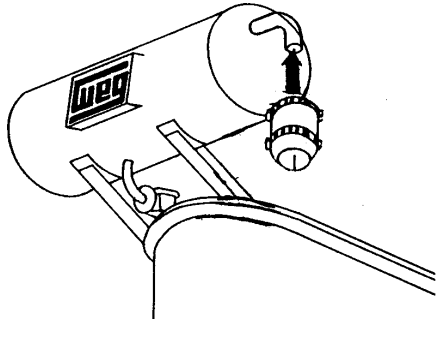


Figura 7

4.1.5.2. Sílica-gel

O agente secador, denominado sílica-gel, é vítreo e duro, quimicamente quase neutro e altamente higroscópico. É um silício, impregnado com cloreto de cobalto, tendo, quando em estado ativo, a cor azul celeste, de aspecto cristalino. É capaz de absorver água até 40% de seu próprio peso.

Devido à absorção de água, torna-se róseo, devendo, então, ser substituído. Tem a vida muito prolongada e, através de um processo de secagem que pode ser aplicado repetidas vezes, pode ser regenerado e reutilizado.

A higroscopicidade da sílica-gel pode ser restabelecida pelo aquecimento em estufa na temperatura de 80 a 100ºC, evaporando, desta maneira, a água absorvida. A fim de acelerar o processo de secagem, convêm mexê-la constantemente, até a recuperação total de sua cor característica. Seu contato com óleo, ou com os menores vestígios do mesmo, deve ser evitado a todo custo para que não perca sua cor azul, tingindo-se de marrom e até de preto, tornando-se imprestável. Após a regeneração, a sílica-gel deve ser imediatamente conservada num recipiente seco, hermeticamente fechado.

4.1.6. Relé de gás (tipo Buchholz)

O relé de gás tipo Buchholz (Figura 8) tem por finalidade proteger aparelhos elétricos que trabalham imersos em líquido isolante, geralmente transformadores. Enquanto sobrecargas e sobrecorrentes são fenômenos controláveis por meio de relés de máxima intensidade de corrente, defeitos tais como perda de óleo, descargas internas, isolação defeituosa dos enrolamentos, do ferro ou mesmo contra a terra, ocorridos em transformadores equipados com um relé de máxima, podem causar avarias de grande monta caso o defeito permaneça desapercebido do operador durante algum tempo.

O relé Buchholz é instalado em transformadores justamente para, em tempo hábil, indicar por meio de alarme ou através do desligamento do transformador, defeitos como os acima citados e, deste modo, evitar a continuidade dos mesmos.

Figura 8

O relé Buchholz é normalmente montado entre o tanque principal e o tanque de expansão do transformador. A carcaça do relé é de ferro fundido, possuindo duas aberturas flangeadas e ainda dois visores providos de uma escala graduada indicativa do volume de gás. Internamente encontram-se duas bóias montadas uma sobre a outra. Quando do acúmulo de uma certa quantidade de gás no relé, a bóia superior é forçada a descer. Se, por sua vez, uma produção excessiva de gás provoca uma circulação de óleo no relé, é a bóia inferior que reage, antes mesmo que os gases formados atinjam o relé. Em ambos os casos, as bóias ao sofrerem o deslocamento, acionam um contato elétrico. Caso o alarme soe sem que o transformador seja desligado, deve-se desligá-lo imediatamente e, em seguida, fazer-se o teste do gás retirado do interior do relé. Neste caso a origem do defeito pode ser avaliada de acordo com o resultado do teste do gás, ou seja:

a) Gás combustível (presença de acetileno): Neste caso deve haver um defeito a ser reparado na parte elétrica;

b) Gás incombustível (sem acetileno): Neste caso temos o ar puro. O transformador poderá ser ligado novamente, sem perigo, após a desaeração (sangria) do relé. O alarme soando repetidamente indica ar penetrando no transformador. Desligue e repare a falha;

c) Nenhuma formação de gás (nível de gás no relé está baixando e uma quantidade de ar está sendo sugada através da válvula aberta): Neste caso, o nível do óleo está muito baixo, possivelmente devido a um vazamento. Repare o vazamento e preencha o transformador com óleo até o nível correto.

4.1.7. Indicador de nível de óleo

Os indicadores magnéticos de nível têm por finalidade indicar com precisão o nível do líquido isolante e, ainda, quando providos de contatos para alarme ou desligamento, servirem como aparelhos de proteção do transformador.

Os indicadores magnéticos de nível (Figura 9) possuem a sua carcaça em alumínio fundido, sendo que a indicação de nível é feita por ponteiro acoplado a um ímã permanente, de grande sensibilidade, fato este que o torna bastante preciso.

O mostrador dos indicadores magnéticos de nível possui três indicações, ou sejam: MIN, que corresponde ao nível mínimo, 25ºC, que corresponde à temperatura ambiente assinalada, e MAX, que corresponde ao nível máximo.

Figura 9

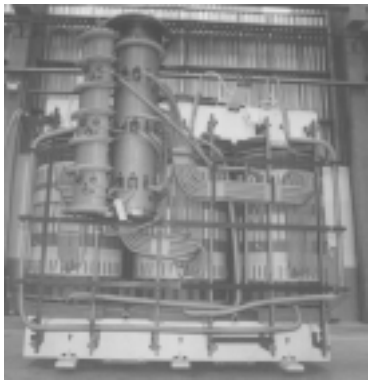
4.1.8. Radiador destacável

Os radiadores devem ser inspecionados quanto à limpeza e umidade internas. Caso necessário, devem ser lavados com óleo limpo e preferencialmente aquecido (máximo 50ºC).

4.1.9. Buchas

Antes da montagem, as buchas devem estar perfeitamente limpas com benzina e secas. As juntas de vedação devem ser cuidadosamente colocadas e os seus elementos de fixação apertados a fim de se conseguir boa estanqueidade.
As buchas devem ser montadas uma de cada vez, a fim de reduzir a possibilidade de penetração de ar ambiente.
Quando necessário, para maior segurança durante a montagem das buchas, devem ser utilizados os dispositivos próprios para içamento e manuseio.

4.1.10. Comutador de derivações sob carga



A manutenção de comutadores de derivações em carga de transformadores se restringe, praticamente, à chave comutaora e ao mecanismo de acionamento motorizado. O seletor e o pré-seletor praticamente não necessitam de manutenção porque seus contatos não sofrem a ação do arco elétrico e suas partes, em geral, não se desgastam.

(Figura 10)

Esse tipo de serviço exige:
- pessoal bem treinado para realizá-lo;
- conhecimento detalhado da estrutura e do funcionamento do comutador e do correspondente mecanismo de acionamento motorizado;
- disponibilidade de peças de reserva e óleo mineral isolante;
- ferramentas, instrumentos e equipamentos adequados.

O conhecimento detalhado da estrutura e do funcionamento do comutador e do mecanismo de acionamento motorizado poderá ser adquirido nos cursos específicos e completado no acompanhamento dos trabalhos de manutenção feitos pelas equipes responsáveis pelos mesmos.
Uma revisão do comutador pode ser realizada em, aproximadamente, 8 horas.
O cilindro da chave comutadora não deve ficar exposto ao ar por mais de 10 horas, pois pode absorver umidade e ficar com a resistência de isolamento prejudicada.

4.2. Coleta de amostras de líquidos isolantes para transformadores

Os líquidos isolantes são os fluidos com características dielétricas, a base de óleos minerais ou produtos sintéticos, utilizados em transformadores com a finalidade dielétrica e a de promover a remoção do calor gerado nas bobinas do equipamento.
A verificação e acompanhamento de suas características físico-químicas, desde a energização do transformador, é fundamental para a segurança e vida útil do equipamento. Portanto, apresentamos a seguir alguns cuidados a serem observados.

4.2.1.Equipamentos para amostragem

Usar os seguintes componentes para amostragem:
a) Frasco para amostragem: os frascos para acondicionamento das amostras devem ser de vidro escuro, com capacidade para 1 litro, limpos de acordo com o procedimento descrito no item 4.2.3;
b) Dispositivos de amostragem: dispositivo (niple) e mangueira.

4.2.2. Limpeza dos frascos de amostragem

Os frascos devem ser limpos de acordo com o seguinte procedimento:
a) Retirar eventual conteúdo dos frascos;
b) Lavar os frascos e as tampas com detergente neutro;
c) Enxaguá-los com bastante água corrente comum;
d) Deixar escorrer a água comum e enxaguar com água destilada;
e) Secá-los na estufa, em posição vertical, a uma temperatura de 102 ± 2ºC, por um tempo mínimo de doze horas;
f) Deixar os frascos esfriarem em temperatura ambiente, fechando-os em seguida, tomando cuidado para não tocar com a mão a borda do frasco ou parte interna da tampa que entrará em contato com o óleo.

Nota: No lugar da água comum pode ser utilizado solução sulfocrômica diluída ` em água, nas proporções indicadas pelos fabricantes.

4.2.3. Procedimento para coleta da amostra

A coleta das amostras deve ser feita, preferencialmente, em tempo seco, evitando, assim, possível contaminação externa. Se o tempo estiver chuvoso devem ser tomadas as seguintes precauções:
a) Se possível, o líquido deve estar, no mínimo, à mesma temperatura do ar ambiente;
b) Quando o equipamento estiver em operação, a temperatura do líquido na hora da amostragem deve ser anotada. Este requisito é particularmente necessário quando o conteúdo de água ou as características dependentes deste devem ser verificadas.

IMPORTANTE: Para transformadores com conservador de óleo (tanque de expansão) que estejam energizados, o operador deverá estar habilitado para respeitar as normas de segurança quando da coleta de amostras de óleo. Porém, para transformadores selados (sem conservador), as amostras de óleo devem ser retiradas com os mesmos desenergizados.

Para retirada da amostra:
a) Remover a proteção do orifício de drenagem.

Nota: No caso de o transformador não possuir o orifício de drenagem, a amostra poderá ser coletada através da válvula inferior ou da válvula superior ou de enchimento. Ou então, para coleta de amostragem em equipamentos abertos para inspeção, poderá ser utilizado mangueira, introduzindo-a no transformador;

b) Remover toda a sujeira e poeira visível da válvula com um tecido limpo e sem fiapos;
c) Adaptar o dispositivo de amostragem no registro;
d) Abrir a válvula e deixar fluir, vigorosamente, no mínimo três vezes o volume da tubulação.

Nota: Este procedimento não se aplica a equipamento com pequeno volume de óleo. Para estes casos, o volume a retirar deve levar em consideração o nível de óleo do equipamento;

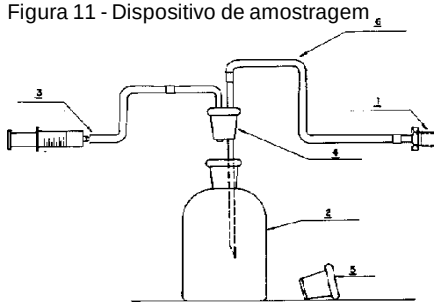
e) Colocar o frasco embaixo do dispositivo de amostragem;
f) Encher o frasco desprezando, no mínimo, um volume de líquido igual à capacidade do recipiente. Recomenda-se encher os frascos o máximo possível, levando-se em conta as variações de volume decorrentes de possíveis alterações de temperatura;
g) Após enchidos os frascos, selá-los conforme descreve o item “i”;
h) Enviá-los ao laboratório de análises, identificados conforme item 4.2.4;
i) Terminada a amostragem, tampar os frascos tomando cuidado para não tocar na área da tampa que ficará em contato com o líquido. Envolver a parte do gargalo com filme de plástico (cortado em círculo), apertá-lo firmemente, fixando-o com fita crepe.

4.2.4. Identificação das amostras

Os frascos com as amostras deverão conter, no mínimo, as seguintes informações:

a) Numeração de série do transformador;
b) Potência;
c) Classe de tensão;
d) Tipo de óleo coletado;
e) Cliente (no caso de prestação de serviço).

Figura 11 - Dispositivo de amostragem



1. Conexão para o registro do equipamento
2. Frasco de 1000 ml
3. Seringa de 50 ml para ensaio cromatográfico
4. Tubo e tampa de cobre ou de politetrafluoretileno (Teflon)
5. Tampa para frasco de 1000 ml
6. Mangueira de plástico

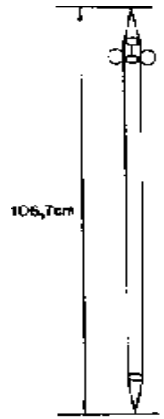


Figura 12 - Dispositivo para retirada de amostra

4.2.5. Tabela de valores normalizados para óleo isolante

Tabela 3 – Características do óleo isolante

Ensaios	Resultados típicos		Valores - Limites									Método de ensaio
				Óleo usado								
				Satisfatório		A recondicionar		A regenerar	Após tratamento			
	Óleo novo	Óleo usado	Óleo novo	Até 230kV	Acima	Até 230kV	Acima		Até 230kV	Acima		
Rigidez dielétrica (kV)	50 65 - 70	>40 >70 - >58	>40 >60 >32 >64	>30 >60 >24 >48	>35 >70 >27 >54	25 - 30 50 - 60 20 - 24 40 - 40	25 - 35 50 - 70 20 - 27 40 - 54	- - - -	>33 >66 >25 >50	>38 >76 >30 >60		ASTM D-877 NBR-6869 ASTM D-1816 (004") ASTM D-1816 (008")
Conteúdo de água (ppm)	10	15	<10	<25	<15	25 - 40	15 - 40	>40	<20	<15		Método Karl Fischer - ASTM D-1533 e PMB-818
Acidez (mgKOH/g de óleo)	0,03	0,1 - 0,2	0,05	<0,3	<0,1	-		>0,4	<0,1			ASTM D-974 MB-101 ASTM D-664 MB-494
Tensão interfacial (N/m)	0,045	0,02 - 0,03	>0,04	>0,025		0,02 - 0,025		>0,020	>0,03			ASTMD-971 NBR 6234 ASTM D-2285
Cor	0,5	1 - 1,5	<1,0	<3		3 - 4		>4	<2			ASTM D-1500 MB-351
Fator de potência (%)	0,01 - 0,07 0,1	0,1 - 0,3 - - -	<0,05 <0,05 <0,3 -	0,5 - - -		0,5 - 1,5 - - -		>1,5 - - -	<0,1 - - -			20ºC ASTM D-974 25ºC ASTM D-974 100ºC ASTM D-974 90ºC VDE-370

NOTA: As colunas “'Oleo novo”refere-se a óleo novo tratado para colocação em transformadores

4.3 – Enchimento do transformador

A colocação de óleo no transformador, deverá ser realizado conforme instruções indicadas a seguir:

4.3.1 – Transformador provido de gás seco ou com óleo rebaixado e conservador não resistente a vácuo (Figura 14)

a) Abrir as válvulas superiores dos radiadores,
b) Instalar o sistema de vácuo na tubulação onde será instalado o relê de gás.

OBS: Caso o transformador possua comutador sob carga, equalizar o mesmo no sistema de vácuo.

c) Proceder o vácuo no tanque do transformador até atingir aproximadamente 100 mbar ;
d) Iniciar o abastecimento do transformador, pelo registro inferior, até que o óleo atinja aproximadamente 100mm abaixo da tampa principal;
e) Quebrar o vácuo entre o nível do óleo e a tampa principal, com gás seco;
f) Desmontar a tubulação da bomba de vácuo;
g) Montar o registro e o relê de gás, interligando-o com o conservador;
h) Abrir o tampão da tubulação do secador de ar;
i) Completar o enchimento do transformador, até que o nível indicador, seja compatível com a temperatura do óleo;
j) Instalar o secador de ar, com substância higroscópica (sílica gel) seca;
k) Abrir as válvulas inferiores dos radiadores;
l) Iniciar a circulação do óleo do transformador com máquina termovácuo, dando aproximadamente três passadas de seu volume total pela máquina, e monitorando a rigidez dielétrica do óleo;
m) Desareação ou sangria de todos os pontos previstos, como, buchas AT e BT, janela de inspeção, radiadores e relê de gás;
n) Verificar o correto funcionamento do sistema de preservação do óleo, como, bolsa ou membrana de borracha, caso aplicável.

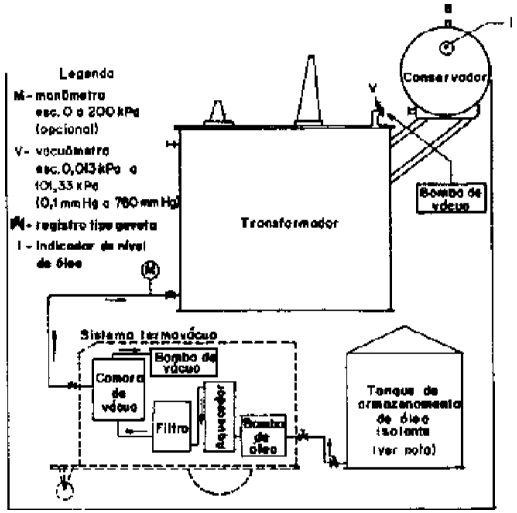

Legenda
M - manômetro esc. 0 a 200 kPa (opcional)
V - vacuômetro esc. 0,013 kPa a 101,33 kPa (0,1 mm Hg a 760 mm Hg)
- registro tipo gaveta
I - indicador de nível de óleo
Conservador
Transformador
Bomba de vácuo
Sistema termovácuo
Bomba de vácuo
Câmara de vácuo
Filtro
Aquecedor
Bomba de óleo
Tanque de armazenamento de óleo isolante (ver nota)

Figura 14

4.3.2 – Transformador provido de gás seco ou com óleo rebaixado e conservador resistente a vácuo (figura 15)

a) Abrir as válvulas superiores dos radiadores;
b) Instalar o sistema de vácuo na válvula superior do conservador;
c) Abrir os registros da tubulação do relê de gás, e instalar o tampão na tubulação do secador de ar;

OBS: Caso o transformador possua comutador sob carga e /ou bolsa de borracha, equalizar os mesmos no sistema de vácuo.

d) Proceder o vácuo no transformador até atingir aproximadamente 100 mbar;
e) Iniciar o abastecimento do transformador pelo registro inferior, até que o óleo atinja o nível do relê de gás;
f) Quebrar o vácuo entre o nível do óleo e o conservador, com gás seco;
g) Desmontar a tubulação da bomba de vácuo instalada no conservador;
h) Abrir o tampão da tubulação do secador de ar;
i) Completar o enchimento do transformador, até que o nível do indicador, seja compatível com a temperatura do óleo;
j) Instalar o secador de ar, com substância higroscópica (sílica-gel) seca;
k) Abrir as válvulas inferiores dos radiadores;
l) Iniciar a circulação do óleo do transformador com máquina termovácuo, dando aproximadamente três passadas de seu volume total pela máquina, e monitorando a rigidez dielétrica do óleo;
m) Desareação ou sangria de todos os pontos previstos, como, buchas AT e BT, janela de inspeção, radiadores e relê de gás;
n) Verificar o correto funcionamento do sistema de preservação do óleo, como, bolsa ou membrana de borracha, caso aplicável.

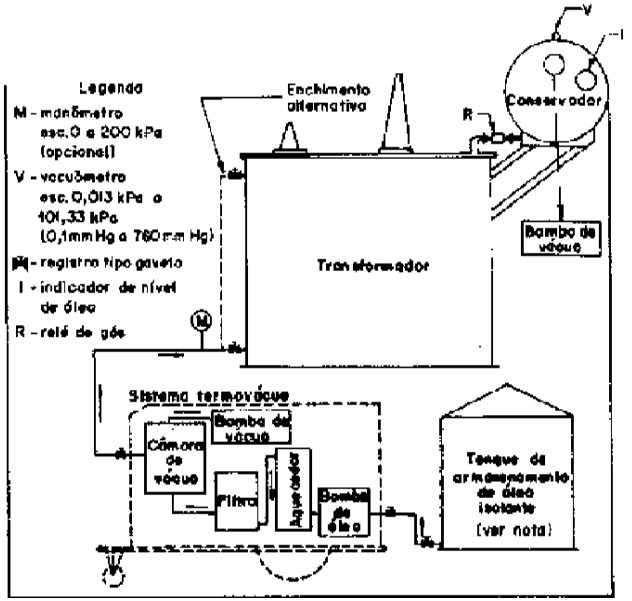

Legenda
M - manômetro esc. 0 a 200 kPa (opcional)
V - vacuômetro esc. 0,013 kPa a 101,33 kPa (0,1 mm Hg a 760 mm Hg)
- registro tipo gaveta
I - indicador de nível de óleo
R - relé de gás
Enchimento alternativo
Conservador
Bomba de vácuo
Transformador
Sistema termovácuo
Bomba de vácuo
Câmara de vácuo
Filtro
Aquecedor
Bomba de óleo
Tanque de armazenamento de óleo isolante (ver nota)

Figura 15

5. ENSAIOS

É recomendável a execução dos seguintes ensaios:

a) Análise do líquido isolante (físico-químico)
- Rigidez dielétrica
- Teor de água
- Fator de potência
- Tensão interfacial
- Ponto de Fulgor
- Densidade
- Acidez

b) Análise cromatográfica;

c) Medição do fator de potência do transformador e fator de potência e capacitância das buchas, se providas de derivações capacitivas;

d) Medição da resistência de isolamento do transformador e da fiação de painéis e acionamento(s) motorizado(s);

e) Medição da relação de transformação em todos as fases e posições do comutador de derivações sem tensão. Para o comutador de derivação em carga, deve haver medição, pelo menos das posições extremas e centrais de todas as fases;

f) Simulação da atuação de todos os dispositivos de supervisão, proteção e sinalização, verificação do ajuste e/ou calibração dos termômetros e imagens térmicas;

g) Medição da relação de transformação, saturação e polaridade dos TC's. Curto-circuitar e aterrar todos os secundários dos TC's que não tiverem previsão de uso;

h) Verificar as tensões e isolação dos circuitos auxiliares antes de sua energização;

i) Após energização dos painéis e acionamentos motorizados, verificar sentido de rotação dos motores dos ventiladores e das bombas de circulação de óleo, sentido de rotação do motor de acionamentos motorizados, chaves fim-de-curso elétricas, indicadores remotos de posição, comando a distância do comutador de derivações em carga, iluminação e aquecimentos dos armários e acionamentos motorizados;

j) Medição da resistência elétrica em todos os enrolamentos, em todas as fases e posições do comutador de derivações em carga.

6 - ENERGIZAÇÃO

a) Antes de sua energização, é recomendada uma nova desareação das buchas, relé de gás, cabeçote do comutador de derivações em carga, radiadores, etc;

b) Inspecionar todos os dispositivos de proteção e sinalização do transformador;

c) É importante observar que o transformador deve ser energizado após decorridos, pelo menos, 24 horas da conclusão de enchimento com óleo;

d) Ajustar e travar a posição do comutador manual conforme recomendado pela operação do sistema;

e) Todo o período de montagem, ensaios e energização, deve ser acompanhado por um supervisor do fabricante;

f) O transformador deve ser energizado inicialmente em vazio. Se o transformador for provido de comutador em carga deve ser acionado em todos as derivações;

g) Recomenda-se efetuar análise cromatográfica do óleo isolante, antes da energização (referência), 24 a 36 horas após a energização e 10 e 30 dias após a energização para detecção de defeitos incipientes (utilizar o diagnóstico conforme NBR-7274).

7. MANUTENÇÃO

Para problemas típicos normalmente encontrados e soluções recomendadas relativos à manutenção, ver ANEXO B.

7.1. Inspeções periódicas

7.1.1. Registros operacionais

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, bem como todo evento relacionado, ou não, com a operação do sistema elétrico, que possa afetar o desempenho e/ou as características intrínsecas do equipamento. É recomendável a leitura diária dos indicadores de temperatura (anotar temperatura ambiente) do indicador de nível de óleo, carga e tensão do transformador.

7.1.2. Termovisor

Estas inspeções devem ser realizadas periodicamente nas subestações, objetivando principalmente detectar aquecimento anormal nos conectores.

7.1.3. Verificação das condições do óleo isolante

Periodicamente são retiradas amostras e efetuados ensaios conforme tabela 3 e ANEXO B.

7.1.4. Inspeções visuais

Devem ser feitas inspeções visuais periódicas, seguindo-se um roteiro previamente estabelecido, que deve abranger todos os pontos a serem observados, conforme ANEXO A.

7.2. Utilização das informações

7.2.1. Ocorrências que exigem desligamento imediato (colocam o equipamento e as instalações em risco iminente)

a) Ruído interno anormal;
b) Vazamento significativo de óleo;
c) Aquecimento excessivo nos conectores, observando os critérios estabelecidos para termovisão;
d) Relé de gás atuado;
e) Sobreaquecimento de óleo ou dos enrolamentos detectados através dos termômetros/imagens térmicas.

7.2.2. Ocorrências que exigem desligamento programado (que não ofereçam riscos imediatos)

Estes desligamentos devem ser efetuados no menor prazo possível, dentro das condições operativas do sistema:

a) Vazamento de óleo que não oferece risco imediato de abaixamento perigoso do nível;
b) Aquecimento nos conectores, observando os critérios estabelecidos para termovisão;
c) Desnivelamento da base;
d) Anormalidades constatadas nos ensaios de óleo, obedecendo aos limites fixados na NBR-10756;
e) Irregularidades no funcionamento do comutador de derivações em carga. Neste caso, bloquear a operação do comutador.
f) Trinca ou quebra do diafragma da válvula de segurança (tubo de explosão);
g) Defeitos nos acessórios de proteção e sinalização.

7.3. Ensaios e verificações – Periodicidade

7.3.1. Semestralmente

Devem ser feitas no mínimo as inspeções e verificações mencionadas no ANEXO A, desde que não se exija desligamento do transformador.

7.3.2. Anualmente

a) Deve ser feita uma análise no óleo isolante, através de retirada de amostras, efetuando-se os ensaios físico-químicos prescritos no ANEXO B.

   NOTA: Pode ser conveniente alterar o período desta inspeção, em função do tipo de construção do transformador e do local de sua instalação.

b) É recomendável ainda que a cada ano seja feita, pelo menos, uma análise de gases dissolvidos no óleo isolante (cromatografia), conforme a NBR- 7274.

7.3.3. A cada três anos

a) Devem ser realizados os seguintes ensaios e inspeções, conforme ANEXO A, com desligamento do transformador:
   - Fator de potência do transformador e fator de potência e capacitância das buchas, se providas de derivações capacitivas;
   - Isolamento com corrente contínua do transformador;
   - Relação de transformação (ver NOTA “1”);
   - Resistência elétrica dos enrolamentos (ver NOTA “1”) .

   NOTAS:
   1. Após a mudança de uma derivação do comutador sem tensão e/ou quando da manutenção do comutador de derivações em carga;
   2. Em função do desempenho do equipamento, a periodicidade para inspeção e ensaios pode ser alterada.

b) Devem ser feitos tratamento e pintura nos pontos necessários do transformador.

7.4. Transformador reservas

Os procedimentos devem ser os mesmos recomendados para transformadores energizados.

ANEXO A - Inspeções periódicas semestrais e trienais

Este anexo estabelece as verificações mínimas a serem feitas semestralmente (S) e cada três anos (T).

A-1. Buchas
a) Vazamentos (S);
b) Nível do óleo isolante (S);
c) Trincas ou partes quebradas, inclusive no visor do óleo (T);
d) Fixação (T);
e) Condições e alinhamento dos centelhadores (T);
f) Conectores, cabos e barramentos (T);
g) Limpeza das porcelanas (T).

A-2. Tanque e radiadores
a) Vibração do tanque e das aletas dos radiadores (S) ;
b) Vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e nos bujões de drenagem (S);
c) Estado da pintura, anotando os eventuais pontos de oxidação (S);
d) Estado dos indicadores de pressão (para transformadores selados) (S);
e) Todas as conexões de aterramento (tanque, neutro, etc.) (T);
f) Bases (nivelamento, trincas, etc.) (S);
g) Posição das válvulas dos radiadores (S).

A-3. Conservador
a) Vazamento (S);
b) Registros entre conservador e tanque, se estão totalmente abertos (T);
c) Fixação do conservador (T);
d) Nível do óleo isolante (S).

A-4. Termômetros de óleo e/ou enrolamento
a) Funcionamento dos indicadores de temperatura (S);
b) Valores de temperatura encontrados (anotar) (S);
c) Estado dos tubos capilares dos termômetros (T);
d) Pintura e oxidação (S);
e) Calibração e aferição (T);
f) Nível de óleo na bolsa (T).

A-5. Sistema de ventilação forçada
a) Ventiladores quanto a aquecimento, vibração, ruído, vedação a intempéries, fixação, pintura e oxidação (S) ;
b) Acionamento manual (S);
c) Circuitos de alimentação (S);
d) Pás e grades de proteção (S).

A-6. Sistema de circulação de óleo
a) Bomba de circulação forçada de óleo quanto a aquecimento, ruído, vibrações e vazamento (S);
b) Circuitos de comando, controle e alimentação (S);
c) Indicador de fluxo (S);
d) Pressostatos (S).

A-7. Secador de ar
a) Estado de conservação (S);
b) Limpeza e nível de óleo da cuba (S);
c) Estado das juntas e vedação (S);
d) Condições da sílica-gel (S).

A-8. Dispositivo de alívio de pressão
a) Tipo tubular: verificar a integridade da membrana (T);
b) Tipo válvula: verificar funcionamento do microrruptor (T).
NOTA: Para verificação do funcionamento físico da válvula, esta deve ser desmontada e ensaiada em dispositivo apropriado.

A-9. Relé de gás tipo Buchholz
a) Presença de gás no visor (S)
b) Limpeza do visor (T);
c) Vazamento de óleo (S);
d) Juntas (S);
e) Fiação (T);
f) Atuação (alarme e desligamento) (T).

A-10. Relé de pressão súbita
a) Vazamento (S);
b) Juntas (S);
c) Contatores tipo plugue (T);
d) Fiação (T).

A-11. Comutadores de derivações
a) Tipo a vazio: estado geral e condições de funcionamento (T);
b) Tipo sob carga:
- nível de óleo do compartimento do comutador (S);
- condições da caixa do acionamento motorizado quanto a limpeza, umidade, juntas de vedação, trincos e maçanetas, aquecimento interno, etc. (S);
- motor e circuito de alimentação (S);
- fiação (S).

NOTA: As inspeções por tempo de operação ou número de comutações devem ser realizadas conforme estabelecido no manual do fabricante do comutador.

A-12. Caixa de terminais da fiação de controle e proteção

a) Limpeza, estado da fiação e blocos terminais (S);
b) Juntas de vedação, trincos e maçanetas da caixa (S);
c) Resistor de aquecimento e iluminação interna (S);
d) Fixação, corrosão (S);
e) Contatores, fusíveis, relés e chaves (T);
f) Isolação da fiação (T);
g) Aterramento do secundário dos TC's, régua de bornes, identificação da fiação e componentes (T).

A-13. Ligações externas

a) Aterramento (T);
b) Circuitos de alimentação externos (S) .

ANEXO B - Verificações das condições do óleo isolante

Tg a 90°C (%) ou FP a 100°C (%) (fator de perdas dielétricas a 90 ou 100°C)	Rigidez	Teor de água	Acidez	TIF > 20 mN/m a 25°C	Recomendações
Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Nenhuma
				Não atende	Regeneração ou troca de óleo
			Não atende	–	Regeneração ou troca do óleo e limpeza da parte ativa
	Não atende	Atende	Atende	Atende	Filtragem do óleo
				Não atende	Regeneração ou troca de óleo
			Não atende	–	Regeneração ou troca de óleo
		Não atende	Atende	Atende	Secagem da parte ativa e de óleo
				Não atende	Secagem da parte ativa e regeneração ou troca de óleo
			Não atende	–	Secagem da parte ativa e regeneração ou troca de óleo
Não atende	–	–	–	–	Regeneração ou troca de óleo

Notas:

a) Regeneração ou troca do óleo (o que for mais econômico);
b) Regeneração = tratamento com terra Fuller = tratamento químico com meio básico (por exemplo, metassilicatos) e/ou tratamento com meio absorvente sólido (por exemplo, argilas, bauxita ou carvão ativado). O óleo assim tratado deve ser aditivado com 0,3% em massa de DBPC (dibutil terciário paracresol).

ANEXO C - Termo de garantia

TERMO DE GARANTIA PRODUTOS SERIADOS E ENGENHEIRADOS

A WEG oferece garantia contra defeitos de fabricação e/ou de materiais, para seus produtos, pelo período discriminado na nota fiscal fatura correspondente a aquisição, desde que satisfeitos os seguintes requisitos:

- Transporte, manuseio e armazenamento adequados;
- Instalação correta e em condições ambientais especificadas e sem presença de agentes agressivos;
- Operação dentro dos limites de suas capacidades;
- Realização periódica das devidas manutenções preventivas;
- Realização de reparos e/ou modificações somente por técnicos autorizados por escrito pela Weg;
- O produto, na ocorrência de uma anomalia, seja disponibilizado para a Weg por um período mínimo necessário para a identificação da causa do defeito e seus devidos reparos;
- Aviso imediato, por parte do comprador, dos defeitos ocorridos e que os mesmos sejam posteriormente comprovados pela Weg como defeitos de fabricação.
- O recebimento, instalação e manutenção dos transformadores deverão atender as seguintes normas:
  NBR 7036 – Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição imersos em líquido isolante;
  NBR 7037 – Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência em óleo isolante mineral;
  NBR 5416 – Aplicação de cargas em transformadores de potência.

A garantia não inclui serviços de desmontagem nas instalações do comprador, custos de transporte dos produtos e despesas de locomoção, hospedagem e alimentação dos técnicos designados pela Weg, quando solicitado pelo Cliente. Os serviços em garantia serão prestados exclusivamente em oficinas de Assistência Técnica autorizadas Weg ou na própria fábrica.

Excluem-se desta garantia os componentes cuja vida útil, em condições normais de operação, seja menor que o período de garantia.

O reparo e/ou substituição de peças ou componentes, a critério da Weg, durante o período de garantia, não prorrogará o prazo de garantia original.

A presente garantia se limita ao produto fornecido, não se responsabilizando a Weg por danos a pessoas, a terceiros, a outros equipamentos ou instalações, lucros cessantes ou quaisquer outros danos emergentes ou conseqüentes.